

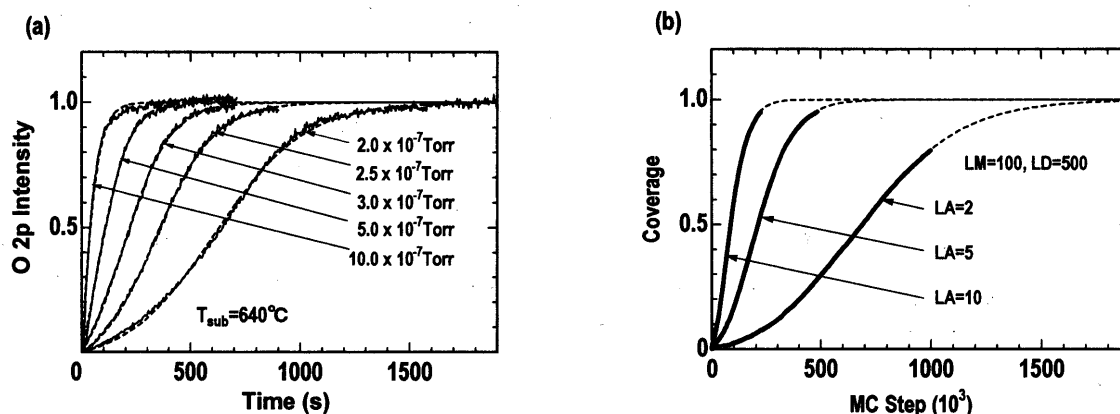
表面化学を操ってSi系薄膜を原子オーダー制御する : 量子ドットから太陽電池まで(1項 固体電子工学研 究分野)(2節 物性機能デバイス研究部門)(第3章 研 究活動)

雑誌名	東北大学電気通信研究所研究活動報告
巻	9
ページ	33-34
発行年	2003-07
URL	http://hdl.handle.net/10097/30307

固体電子工学研究分野

表面化学を操ってSi系薄膜を原子オーダー制御する

—量子ドットから太陽電池まで—



Si(001)-2×1表面ドライ酸化のリアルタイムUPS測定によるO2p信号強度の時間発展((a))とカインティックモンテカルロ法によるシミュレーション((b))。

1. 本分野の目標

今日の半導体産業の中心をなすSiデバイスの、より一層の微細化・高速化を図るには、デバイス製造プロセスの基幹となる微細構造形成技術をさらに高度化する必要がある。また既存の成熟したSiプロセスを最大限に利用しつつSiにない新たな電子・光物性が期待されるSi系混晶薄膜・ナノ構造を実用化するためにも、成膜における原子オーダー制御技術確立の必要がある。本研究分野では極微細化に適した成膜技術であるガスソース (GS)MBE法を中心に、Si, SiGe, SiC, アモルファスSi, 微結晶Si, Si酸化膜, Si酸窒化膜などのSi系薄膜の形成機構を原子・分子レベルで明らかにする。そしてその知見に基いてSi系薄膜の低温・高品質形成、さらにはSi系ナノ構造創成のための新たな製膜プロセス技術を開発することを目的としている。

本研究分野で現在行っている研究テーマは以下のとおりである。

1. Si系混晶薄膜エピタキシの表面化学と原子制御プロセス技術の開発
2. Si系ナノ構造形成過程の学理と新奇物性の探索
3. プラズマCVDによるアモルファス、微結晶シリコン太陽電池の開発
4. 化合物半導体バルク点欠陥・表面欠陥の評価

2. 過去1年間の主な成果

2.1 プラズマCVDによるアモルファス及び微結晶薄膜Si堆積に関する研究

プラズマCVDを用いたアモルファスSi薄膜堆積におけるプラズマ電子温度の影響を調べ、電子温度を4.75から0.4 eVへと減少させることで光/暗伝導度比 σ_p/σ_d が30倍増大、 SiH_2 密度が2分の1に減少することを見出した。【文献1】

2.2 薄膜堆積過程の自己触媒反応モデルに関する研究

多くの薄膜成長系では表面モフォロジーが二次元クラスター核形成、核成長、合体によって発展する。吸着種の脱離が熱的に活性化する時、薄膜被覆率の時間発展は基板温度と圧力の複雑な関数となる。このような複雑な振舞いに対し、反応速度論

でよく知られた自己触媒反応モデルがきわめて有効であることをわれわれはSi(001)表面ドライ酸化を例に取って実証してきた。本年度はモンテカルロ計算を行い、自己触媒反応モデルの成功は同モデルが有効的に核形成、核成長、島合体を含むためであることを明らかにした。【文献2】

2.3 半絶縁性GaAs基板の深いドナ準位EL2に関する研究

GaAs基板の深い固有ドナEL2はGaAs基板の半絶縁化に寄与する重要な固有点欠陥であるが、その微視的構造がこれまで不明だった。EL2は100K以下の低温で近赤外光照射を受けることでその光学的・電子的性質を消失するフォトクエンチ効果を示す。本研究ではフォトクエンチしたEL2がアニールによって回復する熱回復過程をピエゾ光熱法により詳細に調べた。アニール温度120K以上の回復EL2密度の時間発展が単純な飽和傾向を示したのに対し、120K以下のそれはシグモイド関数型を示すことを見出した。両者は自己触媒反応モデルを用いて統一的に記述される。シグモイド型の回復曲線はEL2の回復が欠陥相互の相関を伴うことを示している。われわれは回復に伴う電荷移動がこれを媒介する可能性を指摘し、EL2の微視構造として $V_{As}-As_{Ga}-Ga_{As}$ なる三中心複合モデルを提案した。【文献3】

2.4 Si基板上SiCヘテロエピタキシーに関する研究

無極性Si結晶基板上に有極性の立方晶炭化ケイ素を形成する際、同一平面内にSi表面とC表面が混在する逆位相欠陥が生じるとデバイス特性に有害である。今回、有機シランの一つであるメチルシランと通電加熱法を組み合わせ、逆位相欠陥のない炭化ケイ素表面を100nm以下の極薄膜で形成することに成功した。従来は5 μ m以上の膜厚が必要だった。吸着種のエレクトロマイグレーション、及びSi-C結合を有するメチルシラン特有の吸着特性が関与していると考えられる。【文献4】

職 員

助教授 末光眞希 (1990年より)
非常勤研究員 カルパナン・センティル

主な発表論文等

- [1] Yuji Kurimoto, Tetsuji Shimizu, Satoru Iizuka, Maki Suemitsu and Noriyoshi Sato, "Effects of Electron Temperature on the Quality of a-Si:H and mc-Si Film", Thin Solid Films, 407(2002) pp.7-11.
- [2] Maki Suemitsu, Hideaki Togashi, and Toshimi Abe, "Autocatalytic reaction model: A phenomenology for nucleation-coalescence-growth of thin films", Thin Solid Films, 428(2003) pp.83-86.
- [3] A. Fukuyama, T. Ikari, Y. Akashi, and M. Suemitsu, "Inter-defect correlation during thermal recovery of EL2 in semi-insulating GaAs: proposal of a 3-center-complex model", Phys. Rev. B67(2003) pp.113202-113205.
- [4] H. Nakazawa and M. Suemitsu, "Formation of extremely thin, quasi-single-domain 3C-SiC film on resistively heated on-axis Si(001) substrate using organo-silane buffer layer", Material Science Forum (Trans Tech Publications Ltd., Switzerland), 389-393(2002) pp.351-354.
- [5] 末光眞希, 「アルミニウムの極薄酸化膜——アルコールÉā切削法による超高真空対応表面の作成——」, J.Vac.Soc.Jpn. 45(2002)pp.415-421.
- [6] Takeshi Murata and Maki Suemitsu, "Initial adsorption of GeH4 at Si surfaces: separation between chemistry and strain", Abstracts of the 2nd International Workshop on New Group IV (Si-Ge-C) Semiconductors: Control of 11th Properties and Applications to Ultrahigh Speed and Opto-Electronic Devices (Kofu, 2002). IV-04
- [7] K. Senthil, H. Nakazawa, M. Komatsu, T. Abe, and M. Suemitsu, "Temperature-programmed-desorption study on surface reactions of organosilanes at Si(001)", Abstracts of the 2nd International Workshop on New Group IV (Si-Ge-C) Semiconductors: Control of 11th Properties and Applications to Ultrahigh Speed and Opto-Electronic Devices (Kofu, 2002). IV-05
- [8] M. Suemitsu, H. Togashi, and T. Abe, "Autocatalytic Reaction Model: A phenomenology for nucleation-coalescence-growth of thin films", E-MRS, Symposium J (Strasbourg, 2002, June).
- [9] T. Murata and M. Suemitsu, "GeH4 adsorption on Si(001) at room temperature: transfer of H atoms to Si sites and atomic exchange between Si and Ge", Abstracts of 1st International SiGe Technology and Device Meeting (Nagoya, 2003, Jan). p.233
- [10] K. Senthil, H. Nakazawa, and M. Suemitsu, "Adsorption kinetics of dimethylsilane on Si(001)", Abstracts of 1st International SiGe Technology and Device Meeting (Nagoya, 2003, Jan). p.237.